

# 鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究

東京農工大学

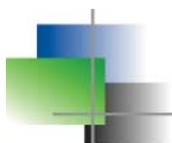
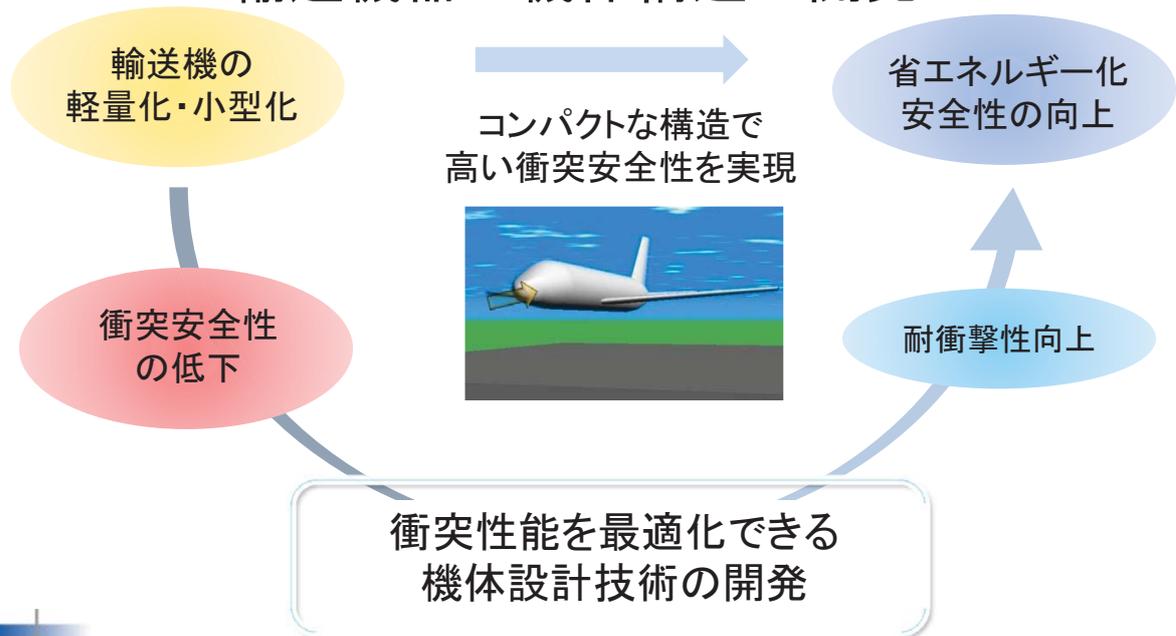
大学院工学研究院 先端機械システム部門

佐久間 淳

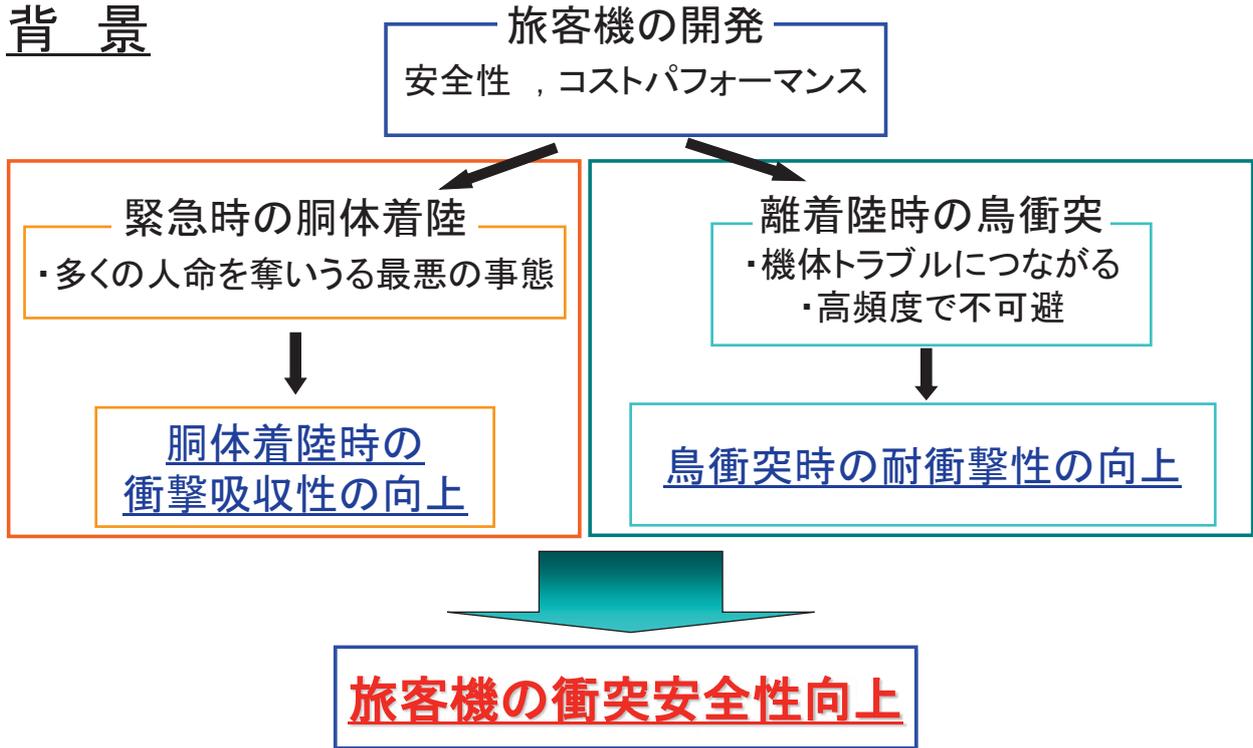


於 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
(東京都調布市深大寺東町)

## 地球と人に優しい 輸送機器の機体構造の開発

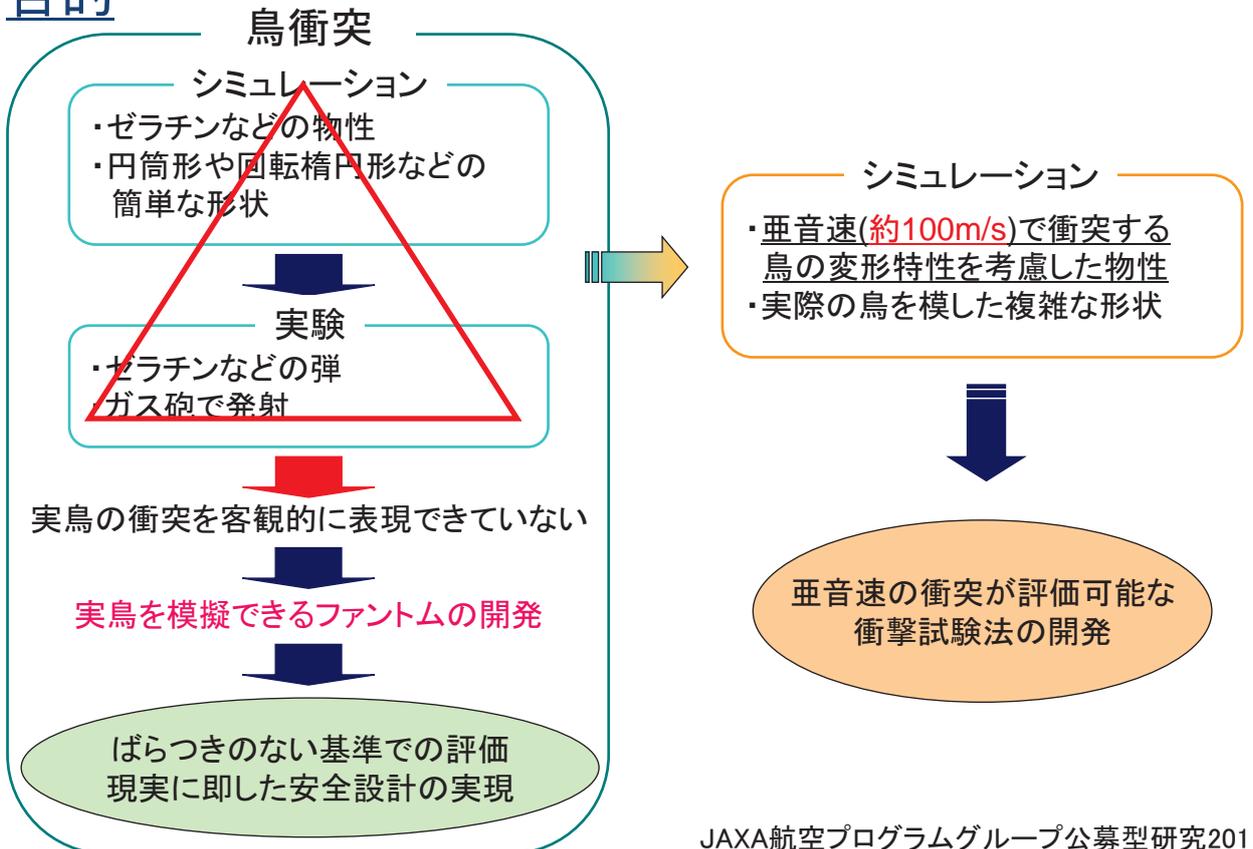


# 背景



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

# 目的



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

# 亜音速レベルの球衝突による物性の計測

落下による試験  
(10m/sオーダー)

振子式衝撃試験機  
落錘式衝撃試験機

航空機の鳥衝突  
(100m/sオーダー)

衝撃波による試験  
(1000m/sオーダー)

ホプキンソン棒衝撃試験  
火薬銃式衝撃試験

亜音速レベル(100m/sオーダー)での計測に相応しい現象が少ない  
→ 亜音速レベルの計測事例が少ない

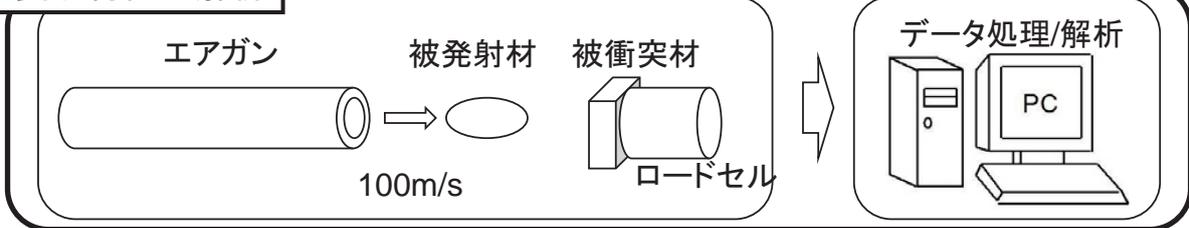
エアガン (100m/sオーダー)の衝突  
→ 物性の計測への利用事例がない

エアガンを利用し、物性計測を実現

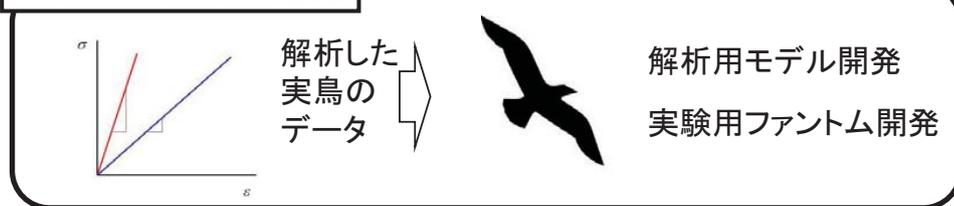
JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

# エアガンを用いた衝突試験

変形特性の解析



モデル/ファントム開発



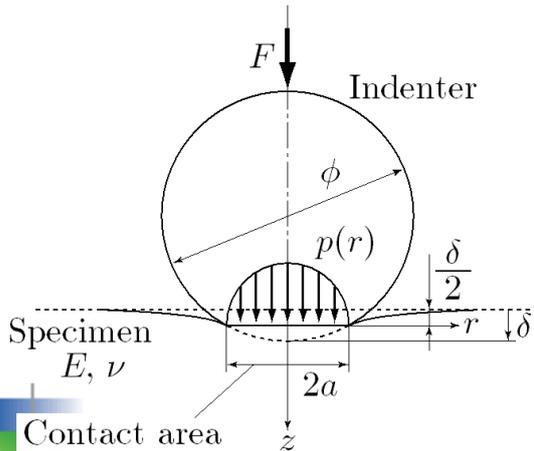
実鳥のデータを基に、解析・実験の高信頼性を図る

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## Hertzの接触理論による押し込み試験の評価

仮定

- 圧子は弾性体の試料に比べ十分に硬い
- 変形は微小 → 試料厚さを無限大



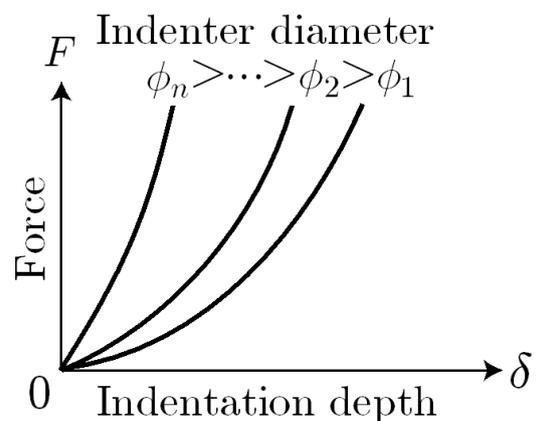
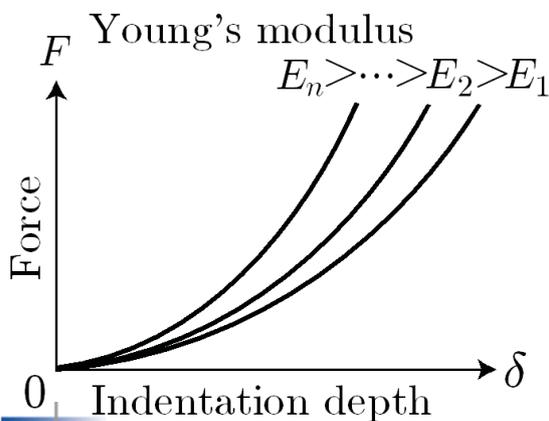
$$F = \frac{4}{3} \frac{E}{1 - \nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$

$$a = \left( \frac{3}{4} \frac{\phi}{2} \frac{1 - \nu^2}{E} F \right)^{\frac{1}{3}}$$

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

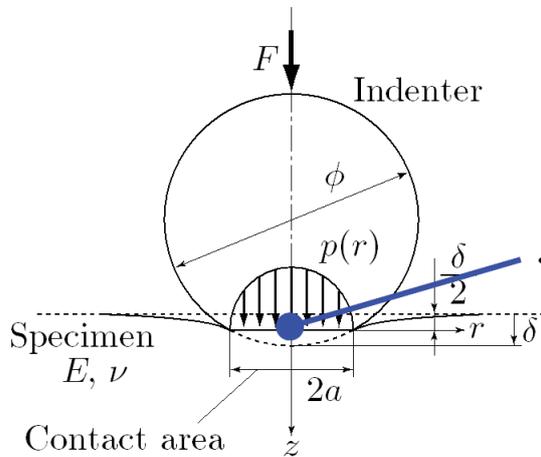
## 荷重と押し込み量の関係

$$F = \frac{4}{3} \frac{E}{1 - \nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

# HertzひずみとYoung率



□ 応力

$$\sigma = -\frac{3}{2\pi} \left( \frac{3\phi}{4} \frac{1-\nu^2}{E} \right)^{-\frac{2}{3}} F^{\frac{1}{3}}$$

□ Hertzひずみ

$$\bar{\epsilon}_H = -\frac{2}{\pi(1-\nu^2)} \left( \frac{2\delta}{\phi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

□ Young率: 
$$E = -\frac{6}{\pi^3(1-\nu^2)^2} \left( \frac{2}{\phi} \right)^2 \frac{F}{\bar{\epsilon}_H^3}$$

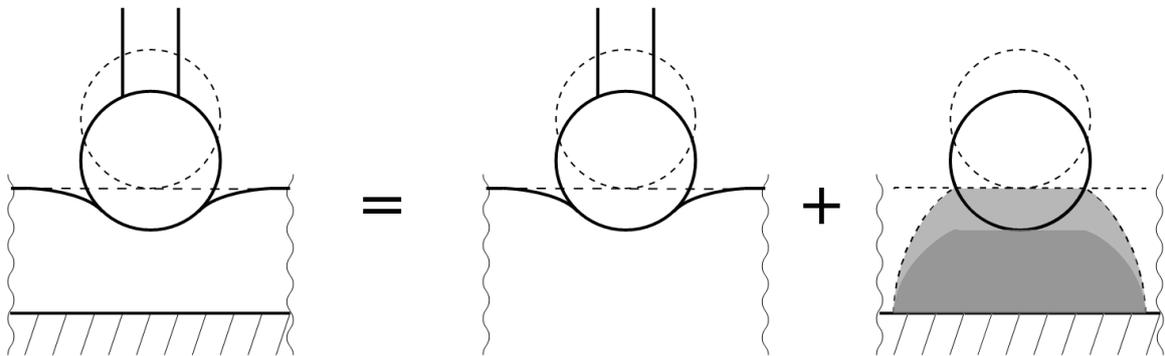
JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 接触変形と圧縮変形の重ね合わせによる 押し変形の表現

押し変形

接触変形

圧縮変形



Hertzひずみ

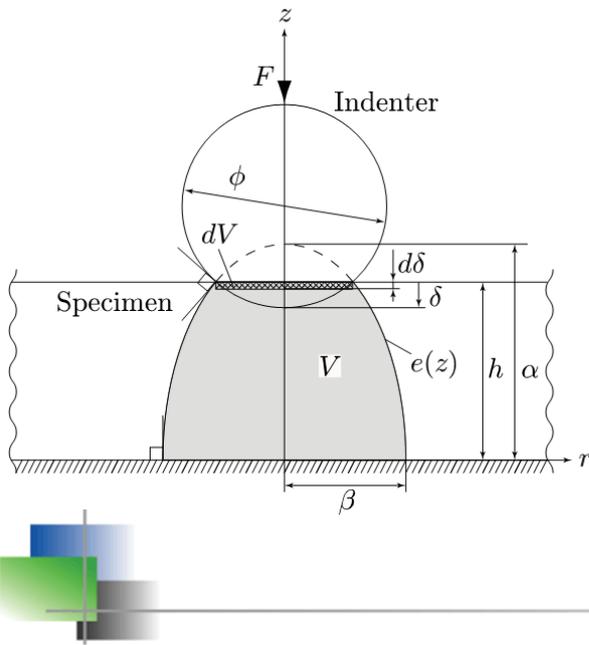
圧縮領域体積の変化率

相当押しひずみ

$$\bar{\epsilon}_I = \bar{\epsilon}_H + \bar{\epsilon}_V$$

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 圧縮変形領域の体積の変化率



□ 体積

$$V = \frac{\pi}{3} (\phi\delta - \delta^2) \frac{2h^2 + 3h\left(\frac{\phi}{2} - \delta\right)}{\frac{\phi}{2} - \delta}$$

□ 変化分

$$dV = -\pi (\phi\delta - \delta^2) d\delta$$

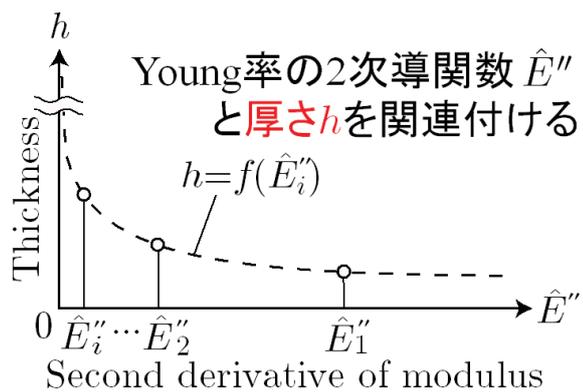
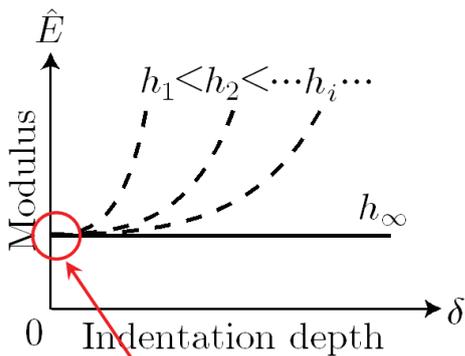
□ 変化率

$$d\bar{\varepsilon}_V = \frac{dV}{V}$$

$$\bar{\varepsilon}_V = -\frac{\delta}{h} - \frac{2}{3} \ln \left\{ \frac{2h + 3\left(\frac{\phi}{2} - \delta\right)}{2h + 3\frac{\phi}{2}} \right\}$$

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 試料厚さの計測原理

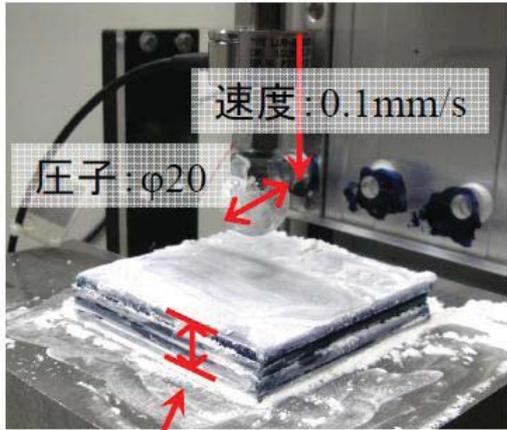


$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\partial \hat{E}(h_i)}{\partial \delta} = 0$$

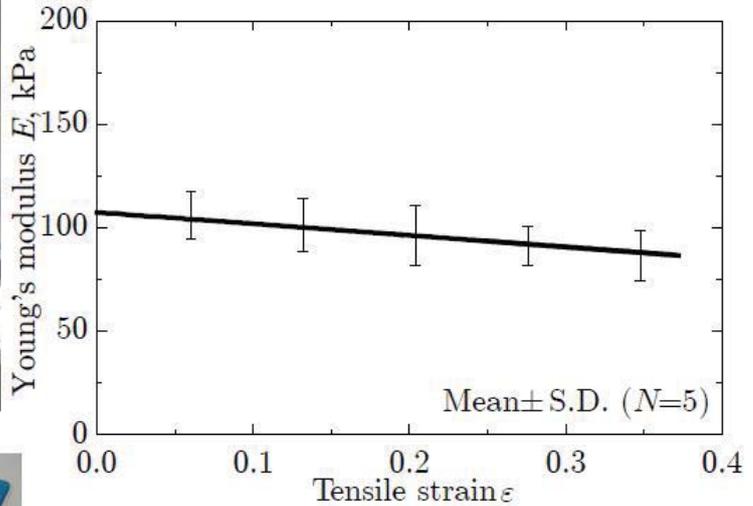
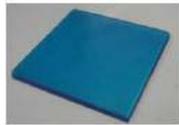
$$\lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\partial^2 \hat{E}(h_i)}{\partial \delta^2} > \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\partial^2 \hat{E}(h_{i+1})}{\partial \delta^2}$$

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 試料厚さの影響の評価試験



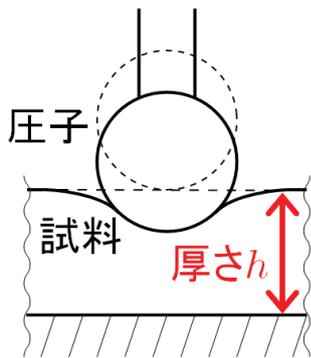
ポリウレタン樹脂



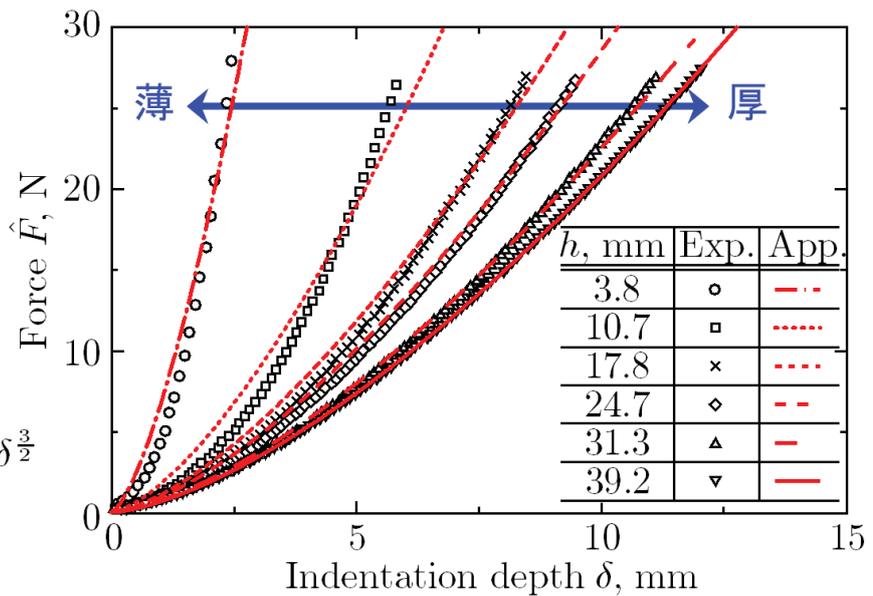
引張試験による供試材のYoung率

JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## Hertzの接触理論による荷重曲線の評価

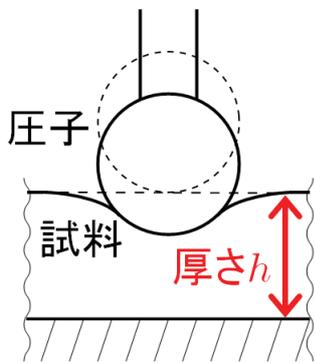


$$F = \frac{4}{3} \frac{E}{1-\nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

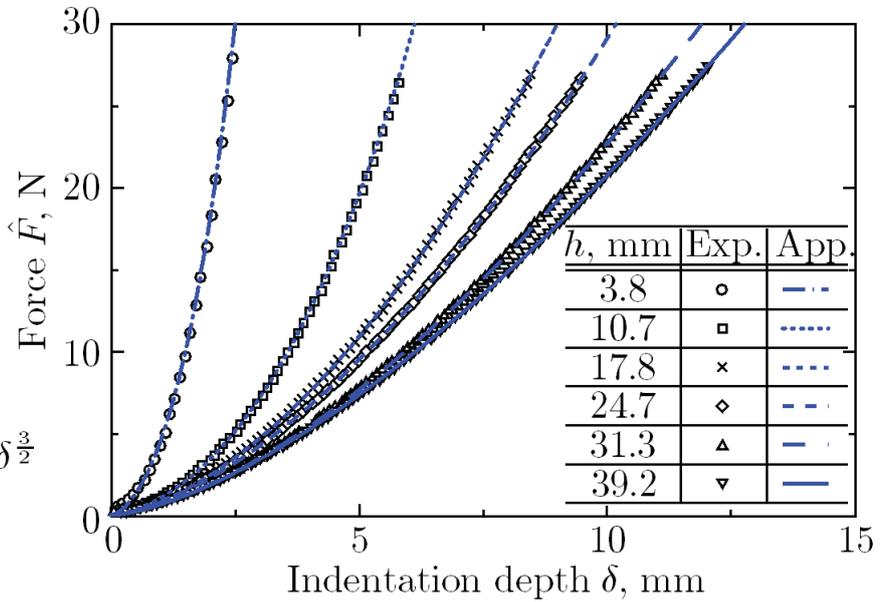
# 試料厚さの影響を考慮した荷重曲線の評価



$$F = \frac{4}{3} \frac{E}{1 - \nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$

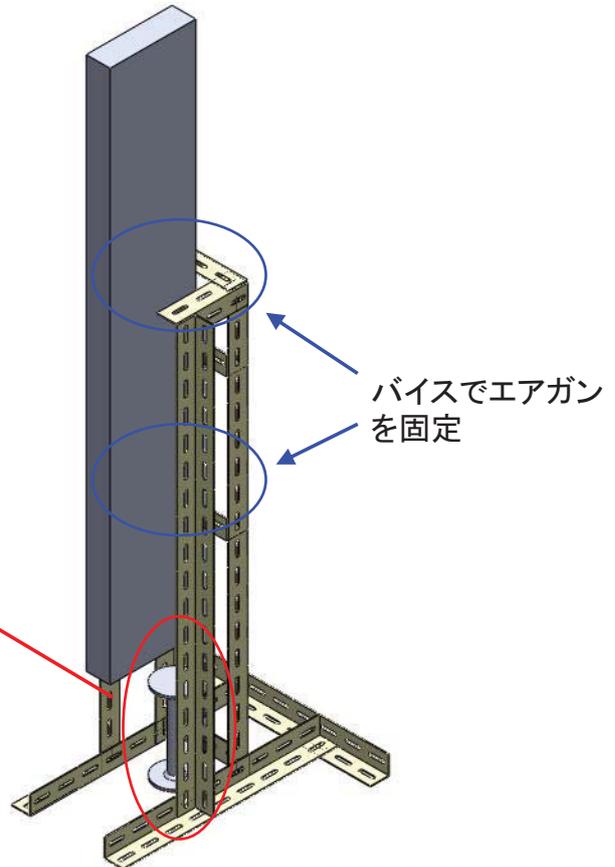


$$\hat{F} = \frac{4}{3} \frac{E}{1 - \nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \{ (1 + B\delta) \delta \}^{\frac{3}{2}} = \frac{4}{3} \frac{\hat{E}}{1 - \nu^2} \left( \frac{\phi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{3}{2}}$$



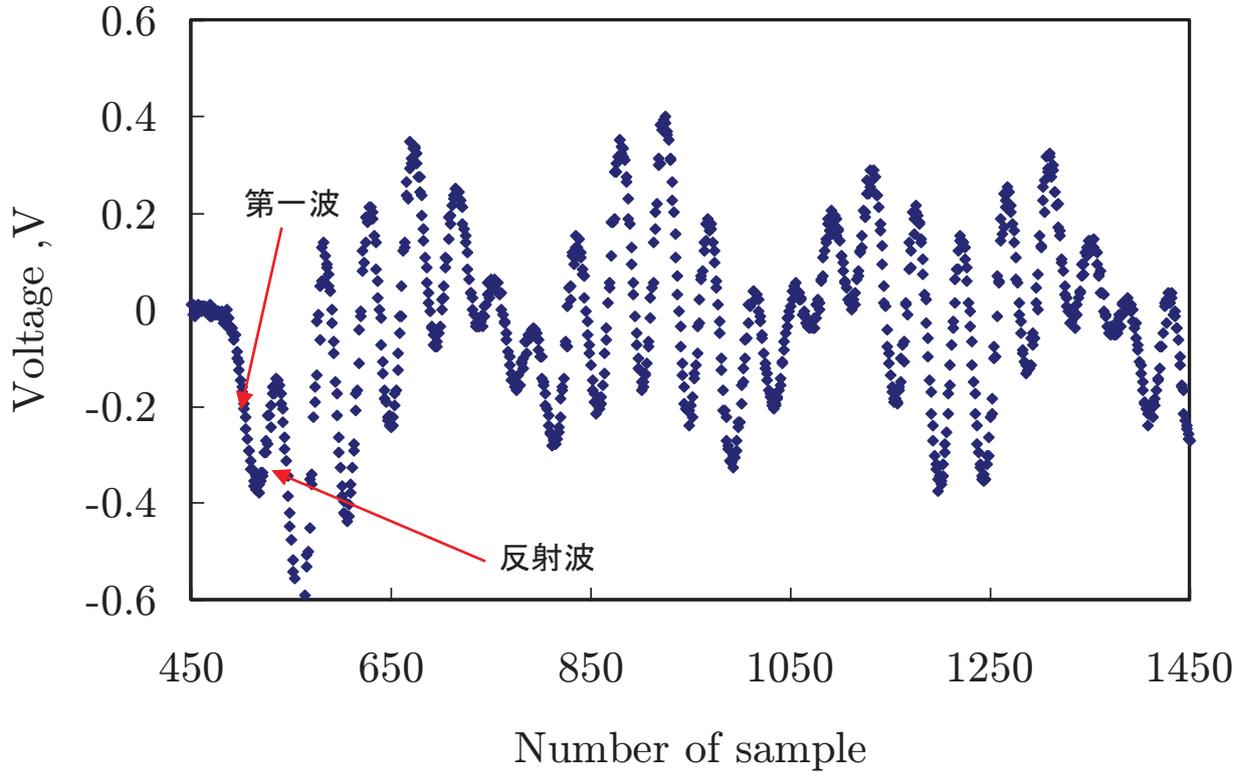
JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 実験装置の設計



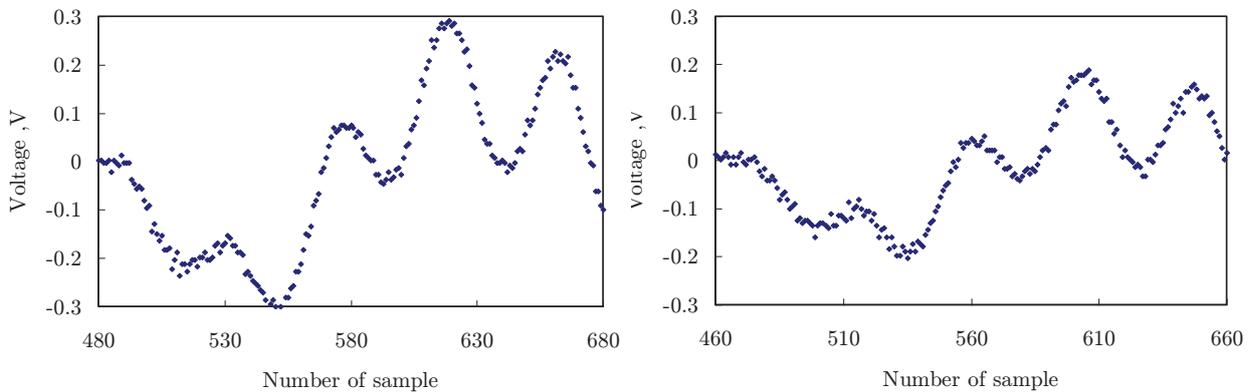
JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 予備実験1



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

## 予備実験2



JAXA航空プログラムグループ公募型研究2011  
「鳥衝突に用いる疑似鳥材料の研究」

